UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

ANNÉE 1940-1941

N° 9

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU POTENTIEL ET DE L'IONISATION ATMOSPHÉRIQUE DE QUELQUES PLAGES DE L'OCÉAN ATLANTIQUE

(Travail du Laboratoire de Physique Médicale et Pharmaceutique, Professeur Wangermez)

Thèse pour le Doctorat en Médecine

présentée et soutenue publiquement le mercredi 4 Décembre 1940

PAR

Gabriel-Jean BAGAU

Né à Montesquieu (Lot-et-Garonne), le 4 mai 1914

Examinateurs de la Thèse

MM. WANGERMEZ, professeur ..... *Président.*

CREYX, professeur ..... *Juges.*

GIRARD, agrégé ..... *Juges.*

AURIAC, agrégé ..... *Juges.*

BORDEAUX

Imprimerie BIÈRE, 18-20-22, rue du Peugue

1940

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536523_0084

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

ANNÉE 1940-1941

N° 9

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU POTENTIEL ET DE L'IONISATION ATMOSPHÉRIQUE DE QUELQUES PLAGES DE L'OCÉAN ATLANTIQUE

(Travail du Laboratoire de Physique Médicale et Pharmaceutique, Professeur Wangermez)

Thèse pour le Doctorat en Médecine

présentée et soutenue publiquement le mercredi 4 Décembre 1940

PAR

Gabriel-Jean BAGAU

Né à Montesquieu (Lot-et-Garonne), le 4 mai 1914

Examinateurs de la Thèse :

MM. WANGERMEZ, professeur ..... *Président.*

CREYX, professeur .....

GIRARD, agrégé ..... *Juges.*

AURIAC, agrégé .....

BORDEAUX

Imprimerie BIÈRE, 18-20-22, rue du Peugue

1940

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

Doyen ..... M. MAURIAC.
Assesseur ..... M. LABAT.
Doyen honoraire ..... M. C. SIGALAS.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. MOURE, BARTHE, DENIGES, BEILLE, CHAVANNAZ, C. SIGALAS, SABRAZES, BEGOUIN, DUPOUY, A. MANDOUL.

PROFESSEURS

	MM.
Clinique médicale	MAURIAC. DUPERIE.
Clinique chirurgicale et gynécologique	GUYOT.
Clinique chirurgicale	PAPIN.
Pathologie et thérapeutique générales	CARLES.
Clinique d'accouchements.	ANDERODIAS.
Anatomie pathologique et microscopie clinique	DAMADE.
Anatomie	VILLEMIN.
Anatomie générale et histologie	G. DUBREUIL.
Hygiène	LEURET.
Médecine légale et déontologie	LANDE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médicale	RECHOU.
Chimie	CHELLE.
Botanique et matière médicale	GOLSE.
Pharmacie	VITTE.
Zoologie et parasitologie	N.
Médecine expérimentale	AUBERTIN.
Clinique ophtalmologique.	TEULIERES.
Physiologie	FABRE.

	MM.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	ROCHER.
Clinique médicale des maladies des enfants	CRUCHET.
Chimie biologique et médicale	MACHEBŒUF.
Physique médicale et pharmaceutique	WANGERMEZ
Médecine coloniale et clinique des maladies exotiques	BONNIN.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	N.
Clin. des mal. des voies urinaires	DUVERGEY
Clinique des maladies nerveuses et mentales	ABADIE.
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN.
Toxicologie et hygiène appliquée	LABAT
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CREYX.
Clinique odonto-stomatologique	DUBECQ.

LACOSTE (Histologie). PERY (Obstétrique). PERRENS (Maladies mentales). R. SIGALAS (Parasitologie et sciences naturelles). JEANNENEY (Chirurgie générale). CHARRIER (Chirurgie générale).

AGRÉGÉS EN EXERCICE

	MM.
Anatomie	DUFOUR.
Physiologie	FRANCK.
Médecine générale	PIECHAUD. DELMAS-MARSALET. DE GRAILLY. FONTAN. BROUSTET. DERVILLEE. SARIC. DUBARRY.
Chirurgie générale	LOUBAT. MASSE. DARGET. MAGENDIE. POUYANNE.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

	MM.
Obstétrique	RIVIERE. MAHON.
Ophtalmologie	BEAUVIEUX.
Oto-rhino-laryngologie	DESPONS.
Dermatologie et syphiligraphie	JOULIA.
Physique médicale	AURIAC.
Chimie générale pharmaceutique et toxicologie	CASTAGNOU.
Histoire naturelle pharmaceutique	GIRARD.
Pharmacie	MESNARD. GRANGER.
Histoire naturelle médicale et parasitologie	R. MANDOUL.

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.
Médecine opératoire	JEANNENEY.
Accouchements	RIVIERE.
Pathologie médicale	DELMAS-MARSALET.
Puériculture	FAUGERE.
Zoologie et parasitologie	R. SIGALAS
Médecine légale	DERVILLEE
Urologie	DARGET.
Législat. pharmaceutique.	POPLAWSKI.
Ophtalmologie	CABANNES (en congé).

	MM.
Physique médicale et pharmaceutique	AURIAC.
Anatomie	J.BEAUVIEUX
Chimie minérale	CASTAGNOU.
Botanique	GIRARD.
Pharmacie galénique	MESNARD.
Bactériologie	MOUREAU.
Physiologie	PETITEAU.

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. N.

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

MORT POUR LA FRANCE EN 1915

A MA MÈRE

En faible témoignage de ma piété filiale et de ma gratitude.

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MES MAITRES DE LA FACULTÉ ET DES HOPITAUX
DE BORDEAUX

AUX MÉDECINS-CHEFS DE L'HOPITAL D'AGEN

A MON PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur WANGERMEZ

PROFESSEUR DE PHYSIQUE MÉDICALE ET PHARMACEUTIQUE
RADIOLOGISTE DES HOPITAUX
CHEF ADJOINT DU SERVICE DE RADIOTHÉRAPIE
ET DE CURIETHÉRAPIE DU CENTRE ANTICANCÉREUX
OFFICIER D'ACADÉMIE

Qui a bien voulu nous honorer de sa confiance pour mener à leur terme des travaux qu'il a inspirés et dirigés.

Nous lui devons d'avoir acquis dans son enseignement au cours de nos études médicales, une discipline scientifique, sans laquelle il n'est point aujourd'hui d'Art Médical.

Il nous a toujours réservé un accueil plein de bienveillance, pour lequel nous lui exprimons notre remerciement et notre reconnnaissance.

I

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dès la plus haute antiquité, les hommes ont cru à l'influence des phénomènes météorologiques sur les vies humaines.

A l'aide de quelques données empiriques, noyées dans des superstitions et des rites religieux, les Astrologues chaldéens, les Magiciens grecs, les Aruspices romains se faisaient fort d'expliquer les épidémies et l'issue heureuse ou néfaste des guerres par la science des astres et des présages tirés des phénomènes naturels.

Dans une époque moins lointaine et dans un domaine plus strictement biologique, on s'efforça souvent de montrer que les conditions climatiques n'étaient pas sans influence sur l'état de l'organisme humain.

C'est que toujours, on fut frappé par des faits d'observation courante : Il suffisait parfois à un malade chronique, qui depuis des mois se droguait sans résultats, sous la direction de médecins compétents, de changer de climat pour qu'aussitôt il éprouvât une sensation de bien-être et d'équilibre, qu'il avait craint de ne plus connaître. L'asthmatique guérissait en changeant de région; le pleurétique délaissant les plaines brumeuses pour les montagnes ensoleillées voyait ses malaises disparaître rapidement. L'enfant lymphatique, atone, scrofuleux désespérait sa mère, malgré les sirops dont elle l'abreuvait. Qu'il allât seulement passer deux mois au bord de la mer, il en revenait transformé.

Les médecins connaissaient bien ces faits, mais par igno-

rance plus que par parti pris, ils savaient mal utiliser les ressources qu'aurait pu leur fournir le maniement des climats.

Pour que la Climatopathologie, c'est-à-dire l'étude des influences morbifiques ou thérapeutiques du climat, puisse prendre son essor, il lui fallait une base solide, la Climatologie, et celle-ci ne put être érigée en science tant que l'on n'utilisait point de méthodes rigoureuses de mesure à l'aide d'appareils enregistreurs, et tant que n'était pas fait le dénombrement des facteurs multiples qui concourent à former un climat.

A partir du XVIII^e siècle, seulement, on sépare ces différents facteurs et chacun est étudié dans sa valeur, ses variations et son importance en biologie. Ainsi dans un premier effort d'analyse, sont créés les sous-chapitres de la Climatologie, ayant pour titres : la température, la pression atmosphérique, l'hygrométrie de l'air, les vents, le rayonnement tellurique, le rayonnement cosmique, l'électricité et l'ionisation atmosphérique.

La notion de l'électricité atmosphérique entra en scène pour la première fois vers 1750 par les retentissants travaux de Franklin en Amérique, de Dablard et de Roms en France, qui montrèrent l'identité de la foudre et des étincelles électriques.

Peu après Peltier étudia l'électrisation superficielle de la terre. On arriva même à démontrer expérimentalement à cette époque, que l'air n'a pas partout les mêmes propriétés électriques et qu'il peut posséder soit une charge électrique positive par rapport au sol, soit une charge nulle.

En 1750, on apprit même de l'abbé Nollet, véritable précurseur dans de nombreux domaines, que ces phénomènes électriques peuvent avoir une influence sur le développement et la vie des êtres qui en subissent l'action.

Il avait en effet montré que des tissus organiques tels que plantes, fragments de viande, œufs, fruits, etc... augmentent davantage de poids dans une atmosphère différente d'eux du point de vue électrique. que dans une atmosphère en équilibre électrique avec eux.

Dans le domaine animal, mêmes constatations : des chats, des oiseaux divers présentent une croissance différente suivant l'électrisation de l'atmosphère.

Malgré l'intérêt de ces premiers travaux, l'étude de l'électricité atmosphérique fut délaissée durant tout un siècle et il faut arriver à la deuxième moitié du XIX^e siècle pour la voir reprise avec l'intérêt qu'elle mérite, par les physiciens et les biologistes.

Vers 1860, la théorie du potentiel appliquée par Thomson à l'état électrique de l'atmosphère, et en 1896 la découverte de l'Ionisation de l'Air, impriment un nouvel élan aux recherches.

Enfin depuis une vingtaine d'années, les biologistes ont cherché à mettre en évidence l'importance de ces facteurs sur les phénomènes vitaux.

Parmi les plus importants travaux, il faut citer ceux de Vlès de Strasbourg, de Pech de Montpellier et ceux des physiciens russes Tchizenski et Vassiliev.

Le médecin doit considérer l'étude de l'électricité atmosphérique sous divers aspects :

Dans un premier temps il s'assure par des expériences de laboratoire et de longues observations, que le facteur électrique joue un rôle certain en biologie.

Fort de cette certitude et transportant la question sur le terrain du climatisme il doit déterminer en collaboration avec le physicien, par d'innombrables mesures, la valeur des climats au point de vue électrique, et dresser la carte électrique des régions, comme le sont déjà les cartes des vents, de l'hygrométrie, etc...

Enfin il lui reste à voir, en sachant dominer l'inextricable confusion de tous les facteurs météorologiques, si de la connaissance du facteur électrique d'un climat, il peut induire des propriétés thérapeutiques.

A peine sommes-nous aujourd'hui au début de la deuxième

étape. Nous pensons faire œuvre utile en apportant dans ce travail de nouvelles mesures de potentiel électrique et d'ionisation. Nous les comparerons à d'autres faites antérieurement dans des régions voisines.

Ainsi seront peut-être mieux fixées les caractéristiques et les possibilités thérapeutiques des quelques plages de l'Océan Atlantique, que nous avons en vue.

Avant de relater ces mesures et leurs résultats, nous exposerons dans deux premiers chapitres les notions indispensables à connaître sur le Potentiel et l'Ionisation atmosphérique.

I

LE CHAMP ÉLECTRIQUE DE L'ATMOSPHÈRE

I. *Définition et Mesure*

Chaque point de l'atmosphère qui entoure la terre est soumis à une force électrique dont la direction est verticale et dont le sens est généralement dirigé de haut en bas.

L'ensemble de tous ces points qui subissent une influence électrique constitue le *champ électrique de l'atmosphère.*

fig 1

On le met aisément en évidence par l'expérience suivante :

Considérons sur une verticale deux conducteurs isolés C et C' et relions-les aux deux armatures d'un condensateur.

Ce condensateur spécial appelé *électroscope* est tel qu'une de ses armatures est mobile autour d'une de ses extrémités; l'autre armature, fixe, étant constituée par la cage de l'électroscope.

Dans ces conditions, nous voyons l'armature mobile dévier d'un angle α, pour se rapprocher de l'armature fixe. Il est donc apparu sur les deux armatures du condensateur deux électricités de signe contraire. Nous en concluons que les corps C et C' sont à des niveaux de potentiel différents. Cette inégalité de potentiel démontre l'existence du champ électrique atmosphérique.

Que l'on vienne maintenant à mettre C et C' dans un même plan horizontal. L'armature mobile du condensateur retombe à sa position d'équilibre, indiquant que C et C' sont à un même potentiel.

Les *surfaces de niveau*, c'est-à-dire l'ensemble des points qui sont à un même niveau de potentiel, sont donc des plans horizontaux. Il en résulte que le champ électrique est vertical.

En pratique, on mesure grâce à l'angle α, la différence de potentiel qui existe entre C et C' mais on modifie le système précédent des deux façons suivantes :

fig 2

D'une part, on relie la cage de l'électroscope (armature fixe du schéma I) non point à un corps C', mais au sol. On obtient ainsi la différence de potentiel entre le corps C et le sol. Le corps C est appelé *collecteur*.

D'autre part dans l'ensemble isolé constitué par le corps C, le fil et l'armature mobile du condensateur — ensemble soumis au champ électrique de l'atmosphère — les charges électriques s'entassent, positives d'un côté, négatives de l'autre, de part et d'autre d'une ligne neutre *m*. Ce que mesure exactement l'angle α, c'est le niveau de potentiel de la ligne neutre *m*. La difficulté est de déterminer la place de cette ligne *m* et d'en connaître la hauteur au-dessus du sol.

On évite cette incertitude par l'artifice suivant :

On fait écouler hors du conducteur l'électricité qui se trouve au-dessus de la ligne *m*. Cette ligne se déplace alors, au fur et à mesure de cet écoulement jusqu'à l'extrémité supérieure A du collecteur C. Dans ces nouvelles conditions l'angle α de l'électroscope mesurera bien le niveau de potentiel du point A, dont il est facile de mesurer la hauteur au-dessus du sol.

Comment provoquer cet écoulement ?

Les appareils utilisés à cet effet s'appellent des *égaliseurs de potentiel.*

On utilisait surtout autrefois :

Soit les égaliseurs à pointes : on munissait l'extrémité A d'une simple pointe très effilée, hors de laquelle l'électricité située au-dessus de la ligne *m* s'échappait dans l'air environnant[1] ;

Soit un petit jet d'eau dont chaque goutte emporte une petite quantité d'électricité ;

Soit des égaliseurs à lame de zinc fraîchement dépolie.

Ces anciens appareils ont bien l'avantage de ne point perturber le niveau de potentiel de l'atmosphère, mais ils ne permettent qu'un écoulement trop lent de l'électricité, ce qui constitue un réel inconvénient dans les deux cas suivants :

S'il existe un défaut d'isolement du collecteur, à l'électricité que l'on s'efforce de chasser, vient s'ajouter à chaque instant, une nouvelle quantité et la lenteur d'écoulement peut être telle que jamais la ligne *m* ne parvient jusqu'à l'extrémité A.

S'il existe de brusques variations de potentiel, la lenteur de l'écoulement les empêche d'être perçues.

Pour ces raisons ces appareils sont délaissés. Parmi les nouveaux, le plus employé est l'égaliseur à substances radio-actives :

On recouvre l'extrémité A du collecteur d'une plaque métallique portant sur une superficie de quelques centimètres un couche de substances radio-actives. L'électricité s'échappe

1. Ce phénomène fait appel à la notion de pression hydrostatique. La pression hydrostatique représente l'effort par unité de surface qu'exerce la couche d'électricité pour s'échapper dans le diélectriqu (air ambiant) qui exerce une contre-pression. Cette pression devient considérable quand la surface devient très petite (cas de la pointe effilée). Elle est alors suffisante pour vaincre la contre-pression exercée par le diélectrique et l'électricité s'écoule hors du conducteur.

avec les rayons α, β et l'émanation. Cependant il importe d'éviter l'existence des rayons β et de l'émanation qui modifierait d'une façon trop considérable le niveau de potentiel de l'atmosphère. Aussi utilise-t-on presque exclusivement comme substance radio-active l'ionium. Celui-ci, en effet, ne produit que le rayonnement α, qui permet l'écoulement de l'électricité sans apporter une perturbation importante dans le champ électrique.

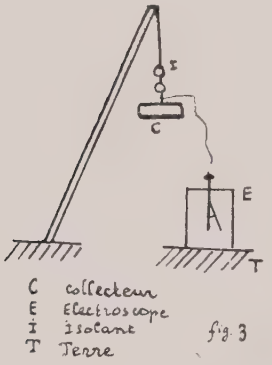


fig. 3

Grâce au collecteur, muni de son égaliseur de potentiel, et relié à l'armature externe d'une électroscope à feuilles d'or, dont l'armature interne est reliée au sol, on peut donc mesurer aisément le niveau de potentiel d'un point A; par une nouvelle mesure on détermine le niveau potentiel d'un point B.

On en déduit la différence de potentiel entre A et B.

On appelle champ en volts par mètre ou encore *gradient potentiel* la différence de niveau potentiel exprimée en volts entre deux points distants d'un mètre sur la même verticale.

L'électroscope à feuille d'or est le plus simple des appareils qui permettent de mesurer le potentiel, mais on peut utiliser d'autres modèles d'électroscopes, en particulier l'électromètre à cadran. Notre intention n'est pas de faire ici une étude de ces électromètres et nous nous bornerons à renvoyer aux traités spéciaux.

Notons en outre qu'on peut aussi, avec quelques difficultés

cependant, obtenir à l'aide d'un appareil enregistreur la courbe des variations du potentiel dans le temps.

Nous avons dit précédemment que le champ électrique était vertical et les surfaces de niveau horizontales. Ceci est exact dans un lieu découvert avec un sol plat sans accident; mais au voisinage d'un sol tourmenté, d'un édifice, les surfaces de niveau se déforment.

Or, la plupart du temps, on fixe le collecteur à l'extrémité d'une perche que l'on fait sortir par une fenêtre du laboratoire. La hauteur du collecteur placé dans de telles conditions n'a aucune valeur en raison de la déformation des surfaces de niveau.

Il est donc nécessaire de connaître le rapport qui existe entre le chiffre obtenu avec l'appareillage ainsi situé et le chiffre obtenu en plaçant au même instant le collecteur à 1 mètre au-dessus du sol, en un lieu voisin découvert.

On fait, une fois pour toutes, deux mesures simultanées au laboratoire et en ce lieu voisin.

Le rapport de leur valeur est le coefficient de correction dont on multipliera tous les résultats ultérieurs pour obtenir chaque fois un chiffre qui représentera le gradient potentiel.

D'ailleurs cette correction n'est point tellement utile pour le physicien biologiste. Pour lui, ce qu'il importe de déterminer, ce n'est pas tant la valeur réelle du gradient potentiel en un point du globe, si les immeubles n'existaient pas, mais bien les propriétés électriques de l'air dans lequel vivent normalement les individus. L'état électrique de l'air au voisinage d'un immeuble, représente bien celui auquel le citadin, vivant sur les trottoirs, est en général soumis. Aussi est-il logique en pratique de se dispenser de faire la correction.

II. *Valeur et variations du champ électrique atmosphérique.*

Il importe avant tout de mettre en relief le fait suivant :

En un même lieu et très vite, sous l'influence en particulier des chutes de pluie ou de neige, le champ électrique peut subir des variations considérables. La courbe enregistrée, oscillant autour d'une valeur habituelle, présente par endroits des écarts tels qu'ils ne peuvent contenir dans le cadre du ruban enregistreur.

Le biologiste, devant ces variations, se doit de considérer deux points de vue :

Les changements brutaux du potentiel demandent à l'organisme un effort d'accommodation, qui se fait aisément s'il est fort et résistant, mais qui peut amener des perturbations morbides, s'il est faible et sensible, tel celui d'un nourrisson ou d'un malade. Seules sont intéressantes à considérer la valeur et la fréquence des écarts.

Ou bien l'écart accidentel est laissé de côté et l'on ne s'occupe plus que de la valeur ordinaire du potentiel électrique à laquelle est le plus habituellement soumis l'organisme. C'est seulement de cette valeur que nous ferons état, dans notre étude, en n'oubliant cependant point d'envisager éventuellement le premier point de vue.

Cette remarque, faite à propos d'un facteur particulier, est d'ailleurs vraie pour tous les autres. En météoropathologie surtout, la variabilité n'a pas moins d'importance que la quantité, et, dans l'interprétation des résultats, il est nécessaire de tenir compte de cette dualité.

D'une façon générale et pour fixer les idées, on peut dire que :

Par temps clair, partout, sur terre et sur mer, le champ électrique est positif, c'est-à-dire dirigé de haut en bas.

Aux latitudes tempérées, la moyenne annuelle (en éliminant les grands écarts) est environ de 100 à 200 volts.

Dans les régions tropicales et équatoriales le gradient potentiel est plus faible, de l'ordre de 50 volts, et tombe souvent à zéro.

Il augmente, quand la température baisse, quand la pression atmosphérique s'élève, quand il y a du brouillard (à différencier des nuages bas et épais qui amènent un effet inverse) et surtout quand il y a des précipitations de neige ou des orages, pouvant atteindre alors quelques milliers de volts en quelques secondes.

Il diminue au contraire quand la température s'élève, quand la pression atmosphérique s'abaisse et surtout quand il y a des précipitations de pluies, au point de devenir dans ce dernier cas facilement négatif.

A mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, le gradient potentiel diminue et tend vers zéro.

La nature des lieux est responsable de grandes variations. Le champ est habituellement plus élevé dans les plaines, sur les plateaux dépourvus d'arbres, au sommet des montagnes, au voisinage de la mer. Il est nul dans les vallées resserrées et profondes, dans les régions très boisées, dans les agglomérations à constructions élevées et dans les appartements.

Enfin, il faut signaler qu'il existe des variations diurnes, annuelles et même des variations avec les taches solaires.

En résumé, l'atmosphère est le siège d'un champ électrique, que l'on peut aisément mesurer.

Il électrise tous les éléments de l'air, ions, molécules et particules solides.

Il présente des variations parfois brutales, dont on connaît approximativement les causes.

II

L'IONISATION ATMOSPHÉRIQUE

En dissolution dans l'eau, un corps ne reste pas à l'état de molécules, mais il se dissocie en ions électrisés positifs et négatifs. Un phénomène analogue se produit également avec les gaz. Les molécules d'oxygène en dispersion dans l'azote et réciproquement celles d'azote en dispersion dans l'oxygène — pour ne parler que des deux principaux constituants de l'atmosphère — se divisent en ions positifs et négatifs.

Il s'en faut de beaucoup que l'état de dispersion soit la seule cause de cette ionisation atmosphérique. Interviennent aussi pour la produire, les rayons ultra-violets du soleil, le rayonnement électro-magnétique des corps radio-actifs contenus dans le sol et l'air, les fumées, les flammes...

Ces particules, d'origine moléculaire, chargées d'électricité soit positive, soit négative, subissent l'influence du champ électrique atmosphérique. Les particules électrisées positivement se déplacent dans la direction du champ, c'est-à-dire de haut en bas, tandis que les particules électrisées négativement se déplacent en sens contraire.

Ce double mouvement d'ions confère à l'air la propriété d'être un conducteur d'électricité, à l'instar d'une solution électrolytique.

Il faut envisager succinctement les notions de mobilité, de débit des ions et de la conductibilité de l'atmosphère, afin de comprendre ultérieurement les méthodes utilisées pour mesurer l'ionisation atmosphérique.

On a démontré que la charge électrique e, portée par un ion est égale à $4{,}8\ 10^{-10}$ U. E. S. (unités électrostatiques C. G. S.). Le champ électrique, dont la composante verticale peut être représentée par X, exerce sur l'ion une force égale à Xe.

Le mouvement de l'ion, qui en résulte, a une vitesse V, proportionnelle à cette force :

$$V = KXe$$

Ce coefficient de proportionnalité K varie avec les ions. On l'appelle *mobilité* de l'ion considéré — terme légitime, puisqu'en effet la vitesse pour une force donnée Xe est d'autant plus grande que K est plus grand.

Si n représente le nombre d'ions positifs par centimètre cube, le nombre d'ions, qui vont traverser 1 cm², c'est-à-dire la surface de sortie de ce centimètre cube, sera :

$KXen$, K étant la mobilité des ions positifs

Cette expression représente le *débit* des ions positifs (écoulement d'ions par unité de surface).

Si, d'autre part, nous avons dans le même centimètre cube n' ions de signe inverse (négatif), le débit en sens inverse sera égal à :

$K'Xen'$, K' étant la mobilité des ions négatifs

Le débit algébrique total, encore appelé *intensité de courant* a pour valeur

$$i = KneX + K'n'eX = X\,(neK + n'eK') \quad (1)$$

Par analogie avec la loi d'Ohm $i = \frac{E}{R}$, dans laquelle i est l'intensité du courant, E la force électromotrice et R la résistance, on pose :

$$R = \frac{1}{neK + n'eK'}$$

et la relation (1) devient

$$i = \frac{X}{R}$$

L'intensité de courant est égale au rapport du champ électrique sur la résistance R de l'atmosphère.

On appelle *conductibilité* de l'air λ l'inverse de la résistance

$$\lambda = \frac{1}{R} = neK + n'eK'$$

ou $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$, en appelant λ_1 la conductibilité due aux ions positifs et λ_2 la conductibilité due aux ions négatifs.

En pratique, on se borne souvent à mesurer la conductibilité et non le nombre d'ions, comme nous allons le voir plus loin.

Il existe dans l'atmosphère des actions ionisantes, que nous avons mentionnées au début de ce chapitre et qui ont pour but d'augmenter à chaque instant le nombre d'ions, mais, d'autre part, les ions créés ont tendance à disparaître constamment par recombinaison entre eux, par élimination sous l'action du champ électrique qui les entraîne, ou des pluies qui les envoient au sol.

En définitive il s'établit un régime correspondant à l'existence d'un certain nombre d'ions de l'un et l'autre signe par centimètre cube.

Si les ions positifs sont les plus nombreux, on dit que l'ionisation atmosphérique est positive. Elle est négative dans le cas contraire. Quand les ions négatifs et positifs sont en nombre égal, l'ionisation est neutre.

Les ions, en se mouvant sous l'action du champ électrique de l'atmosphère, déterminent la production d'un courant électrique vertical, dont l'intensité est d'environ un ampère pour la surface de la France et d'environ 13.500 ampères pour la surface de la terre (on admet dans ce calcul que le champ électrique est d'environ 100 volts par mètre).

Les phénomènes sont en réalité plus compliqués que nous les avons exposés, du fait de la présence de deux catégories d'ions :

A côté des petits ions, qui sont ceux dont nous avons parlé, produits par arrachement ou fixation d'un électron à la molécule, il existe de gros ions découverts par Langevin en 1905.

Ils sont probablement formés par la fixation d'un petit ion sur les innombrables particules solides qui errent dans l'air : poussières, fumées, vésicules de brouillard... Aussi les trouve-t-on en abondance au voisinage des villes industrielles, dans les rues et dans tous les lieux où l'air n'est pas pur[1].

Tandis que la mobilité des petits ions est de l'ordre de 1 à 2 cm. par seconde pour un champ de un volt par centimètre, la mobilité des gros ions est beaucoup plus faible — environ 2 à 3.000 fois plus que celle des petits ions. La conductibilité de l'air, qui est fonction de la mobilité, est d'autant plus petite que le nombre des gros ions est plus élevé — à nombre total d'ions égal. Ceci explique qu'au cours des mesures on observe une conductibilité moyenne plus faible au voisinage d'une grande ville, qu'en campagne.

Mesure de l'ionisation atmosphérique.

La mesure de l'Ionisation peut se faire de deux façons différentes :

Par la méthode directe, on compte le nombre d'ions de l'atmosphère au moyen de compteurs d'ions. Ces appareils sont d'une grande précision et donnent des résultats excellents, mais ils présentent le triple inconvénient d'être délicats, onéreux et difficilement utilisables s'il faut se déplacer.

1. Langevin a montré que ces gros ions ont une influence non négligeable sur la production au-dessus des grands centres industriels des nuages inférieurs, en provoquant la condensation de la vapeur d'eau, dès qu'elle devient saturante, Alors que les petits ions ne la provoquent que pour une certaine sursaturation.

Aussi préfère-t-on en général utiliser la méthode indirecte qui consiste à mesurer la conductibilité de l'air.

Le principe est le suivant :

On fait passer un courant d'air sur l'armature externe d'un électroscope chargé négativement. Cette armature joue le rôle d'un conducteur de déperdition sur lequel les ions positifs de l'atmosphère sont attirés et se neutralisent en déchargeant l'électroscope. Le temps de décharge t est fonction de la conductibilité λ_1 de l'air pour ces ions positifs[1].

Dans une deuxième mesure, on charge l'électroscope d'électricité positive. Ce sont maintenant les ions négatifs qui participent à la décharge. Le nouveau temps t' est fonction de la conductibilité λ_2 pour les ions négatifs. On calcule donc aisément λ_1 et λ_2.

De leur mesure on peut déduire le nombre d'ions $n + n'$, puisqu'on a la relation $\lambda_1 = Ken$ et $\lambda_2 = K'en'$.

(K et K' ont pu être déterminés antérieurement par une expérience faite avec un compteur d'ions.)

La simple connaissance des rapports des temps de décharge $\frac{t}{t'}$ suffit à renseigner sur l'espèce d'ions qui prédomine dans l'atmosphère, puisque

$$\frac{t}{t'} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{Ke}{K'e}\,\frac{n}{n'} \left(\frac{Ke}{K'e} \text{ étant une constante}\right)$$

Si t est plus grand que t', n est plus grand que n' et réciproquement.

Il est nécessaire, au cours de l'opération, d'utiliser un courant d'air, car il faut avoir tout au long de la mesure un air qui conserve sa valeur d'ionisation, nécessité qui ne serait pas réalisée en air calme, les ions se perdant à neutraliser l'électroscope.

1. La formule qui donne λ en fonction du temps est :

$$-C_1\,dv = 4\,\pi\lambda\,CV\,dt$$

C = capacité du conducteur soumis à la déperdition.
C_1 = capacité de tout l'appareil.
V = niveau de potentiel de l'électroscope au temps t.

Or, suivant la vitesse que l'on donne au courant d'air, on obtient des résultats différents; ils sont dus au fait que les gros ions ont une mobilité beaucoup plus faible que les petits ions. Si le courant d'air est animé d'une vitesse suffisante, les petits ions de grande mobilité ont seuls le temps de venir au contact de la tige de déperdition et c'est leur nombre seul que l'on mesure.

Si l'on réduit beaucoup la vitesse du courant d'air, les gros ions à faible mobilité viennent également concourir à la décharge. On peut ainsi, par comparaison des résultats, déterminer, d'une façon suffisamment approchée, les nombres relatifs des petits et des gros ions.

Mais en pratique, on fait tourner le ventilateur à une vitesse telle, que seuls les petits ions sont comptés. L'appréciation quantitative de l'ionisation est donc faussée, mais ceci n'a pas grande importance pour les applications biologiques et médicales, car l'expérience a montré que ce qui importe surtout, c'est la prédominance des ions négatifs ou des ions positifs. Il suffit de comparer la vitesse de décharge de deux électroscopes dont l'un est chargé positivement et l'autre négativement pour obtenir immédiatement un rapport, qui représente grossièrement, mais avec assez de précision en pratique, le rapport des ionisations positives et négatives.

Résultats généraux.

Voici quelques chiffres, qui ne prétendent pas constituer une moyenne, mais qui sont donnés à titre de repères.

Le nombre d'ions positifs par centimètre cube dans les couches basses de l'atmosphère est le plus souvent compris entre 500 et 1.000.

Celui des ions négatifs est en général plus faible.

Par suite de la prédominance habituelle des ions positifs, le rapport des conductibilités $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ est généralement un peu

supérieur à 1. Mais, dans certains lieux, on trouve ce rapport soit nettement supérieur, soit nettement inférieur à l'unité. On s'est précisément posé la question — que nous nous efforçons de résoudre — de savoir si les propriétés biologiques d'un climat sont différentes, suivant que $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ est plus petit ou plus grand que 1, c'est-à-dire suivant que l'une ou l'autre espèce d'ions prédomine.

Dans toutes ces considérations, on suppose que le nombre des gros ions est négligeable ou du moins constant (atmosphère claire), car s'il n'en était pas ainsi, la mobilité pourrait diminuer, bien que le nombre total d'ions soit très grand et les mesures indirectes d'ionisation n'auraient plus de valeur. Il faut cependant noter que certains auteurs attribuent aux gros ions une action biologique peut être plus importante que celle des petits ions. Ceci est une autre face du problème de l'ionisation, que nous n'abordons pas dans notre étude.

Au voisinage du sol, il semble que l'action ionisante prépondérante est celle du rayonnement des substances radioactives du sol et de l'atmosphère. Ainsi on s'explique que dans des conditions climatiques identiques, deux lieux présentent des ionisations très différentes.

M. Dauzère, directeur du Laboratoire du Pic du Midi, a montré que dans les sols argileux, pauvres en substances radioactives, les ions positifs sont ordinairement les plus nombreux, tandis que dans les sols métamorphiques riches en radium, les ions négatifs prédominent. Mais des terrains argileux peuvent contenir une forte quantité de radium et se comportent alors comme des terrains métamorphiques[1].

1. C'est par des inégalités d'ionisation suivant les sols, que M. Dauzère explique les chutes de la foudre en des endroits qui semblent prédestinés. Cette ionisation attire souvent la foudre dans les bas-fonds, alors que logiquement le fluide électrique devrait tomber sur les sommets environnants.

De même, M. Viel, Directeur de la Compagnie Electrique de la Loire et du Centre de St-Etienne, a constaté que la foudre frappe souvent les étables et explique ce fait par une ionisation intense à leur niveau.

Les sources thermales, fortement radioactives peuvent élever l'ionisation dans de grandes proportions.

A mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, la conductibilité augmente ; au point qu'à 8.000 mètres, elle est environ quinze à vingt fois plus grande qu'au voisinage du sol. Cela tient à ce que, d'une part, la mobilité croît d'autant plus que la pression baisse, que les poussières — et avec elles les gros ions — disparaissent, et, d'autre part, la teneur en ions augmente assez vite avec l'altitude. Il est rationnel d'admettre, pour expliquer ce dernier fait, qu'à mesure qu'on s'élève, le rayonnement des substances radioactives du sol et de l'atmosphère voit son importance décroître, mais est remplacé par des radiations solaires, encore plus ionisantes.

Les conditions météorologiques qui, dans un même lieu, font varier l'ionisation sont :

L'état hygrométrique. — Quand il devient élevé, de gros ions se forment aux dépens des petits ions et la conductibilité diminue.

La température. — La conductibilité et le nombre d'ions augmentent avec la température. Il semble qu'il y ait là un effet direct, indépendamment de l'effet indirect provenant des variations de l'état hygrométrique, qui accompagnent, en général, les variations de température.

La direction et la vitesse du vent, permettant le transport rapide des ions.

Les précipitations de pluie ou de neige, *les orages*, qui accroissent l'ionisation.

En résumé, il existe dans l'atmosphère des particules moléculaires ou solides ionisées.

Cette ionisation est très variable, selon les conditions météorologiques, dans sa quantité (faible ou forte) et dans sa qualité (positive, neutre ou négative), mais il importe de retenir qu'en certains lieux, elle présente presque toujours les mêmes caractéristiques, inhérentes à leur constitution géologique et géographique.

III

LES MÉTHODES DE MESURE EMPLOYÉES

Dans ce travail d'ordre expérimental nous avons l'intention de comparer et de confronter :

1. Des mesures d'ionisation pratiquées à Biarritz et Cambo, par MM. Chaize, Constantin et Sibot.
2. Des mesures de potentiel atmosphérique pratiquées par le professeur Pech de Montpellier sur les bords du bassin d'Arcachon, ainsi que des mesures d'ionisation effectuées par le professeur Auriac sur les bords du même bassin depuis la station d'Arcachon jusqu'au Pilat et au Cap Ferret, sur la plage et en forêt.
3. Des mesures de potentiel et d'ionisation, auxquelles nous avons collaboré, pratiquées par le professeur Wangermez, à Soulac-sur-Mer, sur la plage et dans la forêt.

Pour les deux premières séries de mesure, nous renverrons le lecteur aux travaux des auteurs précités pour l'étude des techniques utilisées.

Nous dirons cependant que Chaize, Constantin et Sibot ont mesuré indirectement l'ionisation ou plutôt le rapport de l'ionisation positive à l'ionisation négative, par la comparaison de deux électroscopes chargés, l'un d'électricité positive, l'autre d'électricité négative. Leur appareil est tel que dans le même instant il mesure les conductibilités λ_1 et λ_2.

Nous n'avons pas de renseignements précis sur la méthode utilisée à Arcachon par le professeur Pech pour mesurer le potentiel électrique.

Le professeur Auriac, dans ses mesures d'ionisation à Arcachon, s'est servi d'un appareil du Laboratoire de Physique médicale et pharmaceutique de la faculté de Bordeaux, construit par la maison Spindler et Hoyer. Il est conçu selon le type Gerdien.

Le corps de déperdition est constitué par l'armature interne isolée d'un condensateur cylindrique, dans lequel on fait passer un courant d'air aspiré par un petit ventilateur.

L'armature interne est reliée à un électroscope à feuilles d'or. Le cylindre extérieur, la cage de l'électroscope et l'une des extrémités d'une pile de charge sont reliées au sol. On charge l'armature intérieure en la mettant un instant en communication avec l'autre extrémité de la pile de charge.

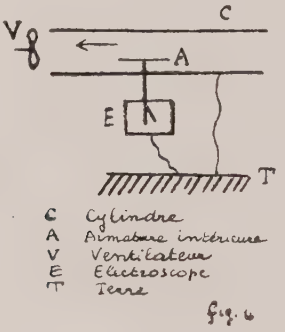
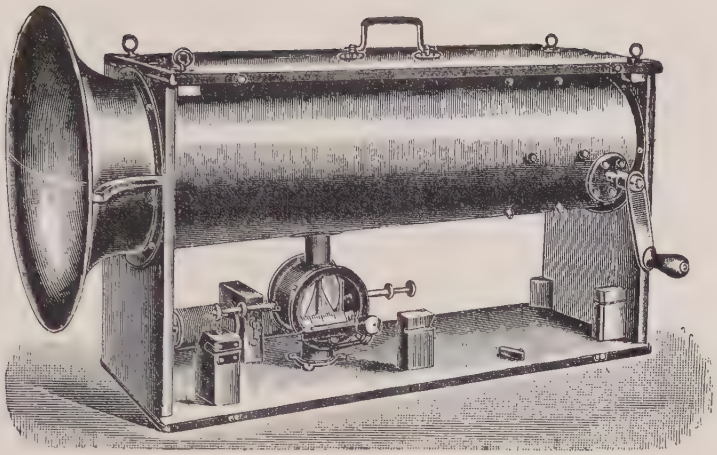


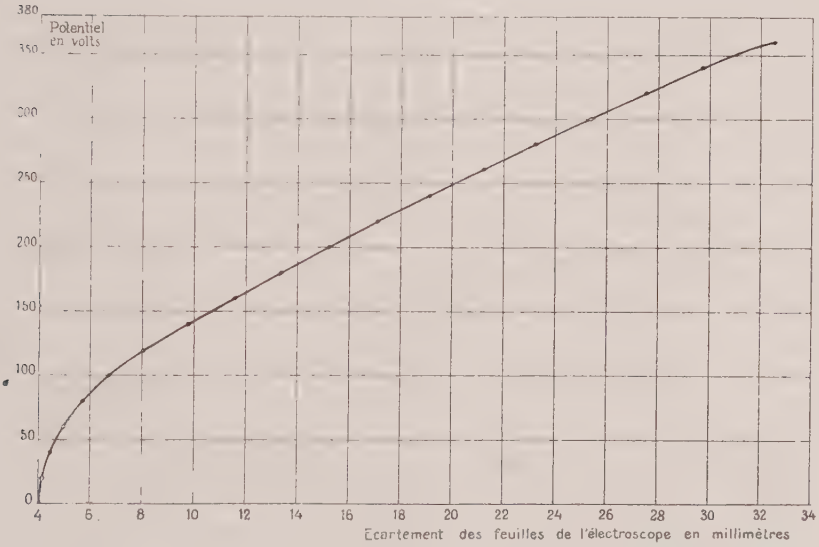
Fig. 6

L'aspirateur est actionné à la main grâce à une manivelle. La façon plus ou moins rapide dont on tourne la manivelle, n'influe pas sur le résultat, car par suite des grandes dimensions de l'appareil et de la faible tension à laquelle est portée l'électrode, on se trouve toujours au-dessus de la vitesse limite pour laquelle les gros ions ne participent pas d'une façon sensible à la décharge.

Afin d'obtenir un bon résultat, il faut observer pendant deux minutes environ la chute des feuilles de l'électroscope.



Appareil de mesure d'Ionisation utilisé par le professeur Auriac à Arcachon, et par le professeur Wangermez et nous-mêmes à Soulac-sur-Mer.



Courbe donnant le potentiel en fonction de l'écartement des feuilles de l'électroscope, et permettant d'utiliser l'électroscope de l'appareil ci-dessus comme électromètre.

Chaque mesure complète, comprenant les deux temps de chute, pour la conductibilité positive et négative, et les manœuvres de charge, de décharge et de lecture, dure environ cinq minutes.

Etant donné la variabilité rapide de la conductibilité en un lieu, c'est là un inconvénient que ne présente pas l'appareil de Constantin, avec lequel les deux mesures concernant les ions positifs et négatifs sont simultanées.

Par contre, cet appareil ne perturbe nullement l'ionisation atmosphérique. D'ailleurs en multipliant les séances d'observation dans la journée, on arrive à obtenir une moyenne satisfaisante, pour le point de vue biologique qui nous occupe en définitive.

Pour connaître les valeurs de λ_1 et λ_2 on utilise la relation qui donne la conductibilité en fonction du temps de décharge

$$4\ \pi\lambda = \frac{C_1}{C}\ \frac{1}{t}\ \log\ \frac{Vo}{V}$$

C_1 = capacité de l'ensemble comprenant le cylindre intérieur et l'électroscope.

C = capacité du système constitué par l'armature interne et la partie de la tige exposée aux ions.

Vo = potentiel initial.

V = potentiel à la fin de l'opération.

Si l'on veut être simplement renseigné sur le rapport de l'ionisation positive à l'ionisation négative, il suffit de comparer les temps de décharge t et t', selon que l'électroscope est chargé en positif ou en négatif, puisqu'on a la relation :

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{t}{t'}$$

Les mesures d'ionisation effectuées à Soulac-sur-Mer ont été réalisées avec ce même appareil, dont nous donnons ci-dessus la photographie ainsi que la courbe permettant d'utiliser l'électroscope de l'appareil comme électromètre.

Les mesures ayant été faites par temps clair, l'atmosphère étant exempte de brouillards et de fumées, nous n'avions pas à tenir compte des gros ions. Nous nous sommes borné à rechercher le rapport qualitatif des ionisations positive et négative avec un courant d'air rapide. Les mesures ont donc porté uniquement sur les petits ions.

En ce qui concerne la mesure du potentiel atmosphérique à Soulac, nous avons utilisé un collecteur radioactif, relié à un électroscope étalonné, (selon le schéma 3, page 16). Nous nous sommes servi de l'électroscope de l'appareil de mesure d'ionisation, en reliant le collecteur à l'armature interne du condensateur cylindrique.

IV

LES RESULTATS OBTENUS

Nous allons passer successivement en revue les mesures effectuées à Cambo et Biarritz, dans la région d'Arcachon et à Soulac.

I. Mesures de Cambo et Biarritz.

Elles furent pratiquées par Chaize, Constantin et Sibot. Ces auteurs ont comparé deux stations climatiques très voisines, dont les indications thérapeutiques sont diamétralement opposées.

Biarritz, situé au bord de l'océan Atlantique, à 6 km. au sud de l'embouchure de l'Adour, a sur l'organisme une action très excitante. On y envoie avec grand bénéfice les déprimés, les lymphatiques, les atones. Par contre tout organisme aux combustions exagérées s'y trouve mal à l'aise. Les basedowiens, les hypersympathicotoniques, les tuberculeux évolutifs y voient leurs troubles s'aggraver.

Cambo, distant de 15 km. de la station précédente, à l'intérieur des terres, est un charmant village surplombant la vallée de la *Nive* et entouré d'une luxuriante végétation.

Contrairement à Biarritz, son action est essentiellement sédative. Les systèmes nerveux hypertoniques y retrouvent leur équilibre. Les malades qu'un rien irrite, qui sont « tendus » à l'excès y éprouvent rapidement une salutaire impression de calme et de détente.

Grancher, le premier, a utilisé ces propriétés pour le traitement de la tuberculose évolutive. Les indications sont actuellement bien précisées : on y envoie les malades fébriles, congestifs, en état d'éréthisme vasculaire, et ceux qui, bien que faisant de petites tuberculoses, n'arrivent pas à supporter la montagne, même à faible altitude.

En interrogeant la météorologie au sujet de ces deux stations, on constate que les divers éléments : température, pression atmosphérique, état hygrométrique, vents même, y ont un régime à peu près identique.

On trouve seulement pour différencier Biarritz la présence de l'air salin. Son rôle en thérapeutique est mystérieux, mais on peut penser que ce n'est pas lui qui constitue une contre-indication à la tuberculose, puisqu'on réalise d'excellentes cures en haute mer, en climat pélagique.

On a invoqué qu'à Biarritz, climat côtier, les variations météorologiques sont plus brutales qu'à Cambo et que les brusques efforts demandés à un organisme débilité pour s'adapter, sont les raisons de la contre-indication.

Cette opinion n'est peut-être pas entièrement valable, car il suffit d'amener un tuberculeux quelques heures à Biarritz, par un temps très calme, pour le voir éprouver des malaises ; en particulier, s'exagèrent la moiteur de la peau et la sudation.

Or, les mesures effectuées par les auteurs précités montrent que dans les deux stations, le facteur électrique diffère notablement. On se demande alors si les différences thérapeutiques observées ne doivent pas lui être imputées.

Les mesures ont porté seulement sur l'ionisation, non sur le potentiel. Effectuées pendant deux années à raison de deux ou plusieurs déterminations par jour, elles ont montré que :

— du point de vue quantitatif, l'ionisation est deux à trois fois plus forte à Cambo, qu'à Biarritz.

— du point de vue qualitatif, l'ionisation est habituellement négative à Biarritz, ne devenant que rarement positive quand souffle le vent d'Ouest.

A Cambo, au contraire, l'ionisation positive prédomine.

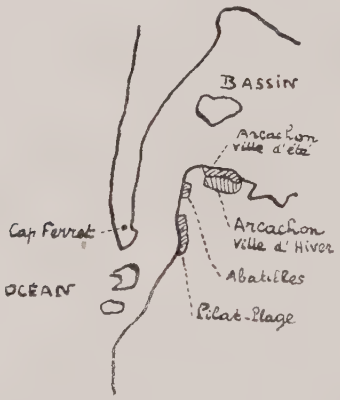
Les auteurs sont fondés à penser que le climat hypertonique de Biarritz correspond à un excès d'ions négatifs, et le climat sédatif de Cambo à un excès d'ions positifs.

C'est avec cette hypothèse directrice, que nous examinerons, tout à l'heure, les mesures suivantes.

II. Mesures d'Arcachon.

Les observations faites à Arcachon, au sujet du traitement de la tuberculose, ont dégagé les faits suivants :

La ville d'hiver, située en forêt, à 1 km. du bord du bassin et à 8 km. de l'Océan, jouit d'un climat sédatif, favorable aux tuberculoses graves évolutives.



A mesure que l'on se rapproche du bassin et de l'Océan, le climat devient plus excitant. Le cap Ferret est très hypertonique, comparable à Biarritz. Le Pilat, encore favorable aux tuberculeux stabilisés ou osseux, devient dangereux pour les malades qui se trouvaient bien dans la ville d'hiver.

Des mesures d'ionisation furent faites dans ces différentes stations par le professeur Auriac. On peut les résumer dans le tableau suivant :

	Conductibilité en 10^{-5} U.E.S.		
	$\lambda+$	$\lambda-$	$\frac{\lambda+}{\lambda-}$
Cap Ferret	10,6	4,4	2,4
Plage du Pilat	8,7	5,1	1,7
Plage des Abatilles	8,1	5,7	1,4
Plage d'Arcachon	7,6	7,1	1,1
Arcachon, Ville d'Hiver	5,1	4,8	1,06

On déduit de ces chiffres que :

1° L'ionisation totale diminue régulièrement depuis le Cap Ferret, jusqu'à la Ville d'Hiver.

2° Au Cap Ferret l'ionisation est fortement positive. Elle tend vers la neutralité, à mesure que l'on va vers la Ville d'Hiver, où elle est très faiblement positive.

A la station sédative de la Ville d'Hiver correspond une ionisation à peu près neutre et généralement faible.

A la station hypertonique du Cap Ferret correspond une ionisation fortement positive et généralement forte.

On voit que ces résultats sont en contradiction avec ceux de Cambo et Biarritz.

Le professeur Pech a mesuré le potentiel sur le littoral du même bassin, à la plage et dans la forêt. Ses conclusions sont :

A la plage et sur les bords du bassin, où il n'y a pas de forêt, le champ électrique a une intensité moyenne de :

100 à 130 volts par mètre en hiver.

20 à 50 volts par mètre en été.

Dans la forêt, le champ est pratiquement nul.

Le professeur Pech n'a point donné de chiffres relatifs au champ électrique sur le bassin. Quelques sondages prouvent qu'il y est fort élevé, présentant les avantages et les inconvénients du climat marin intégral.

III. Mesures de Soulac-sur-Mer.

Soulac-sur-Mer est une petite station balnéaire, située à 12 km. au sud de la Pointe de Grave, en landes plates battues par les vents. La forêt s'étend derrière la plage sablonneuse, séparée d'elle par un mince liseré de petites dunes.

Le climat, à cause du grand vent qui y souffle, est rude. Seuls, les organismes capables de répondre à l'incitation qui les sollicite, peuvent s'y adapter et tirer profit d'une cure saisonnière. C'est dire que cette station est contre-indiquée aux nerveux, aux congestifs, aux scléreux, aux tuberculeux évolutifs.

Les mesures que nous y avons pratiquées en collaboration avec le professeur Wangermez ont porté à la fois sur le potentiel et sur l'ionisation.

A. *Mesure du potentiel atmosphérique.*

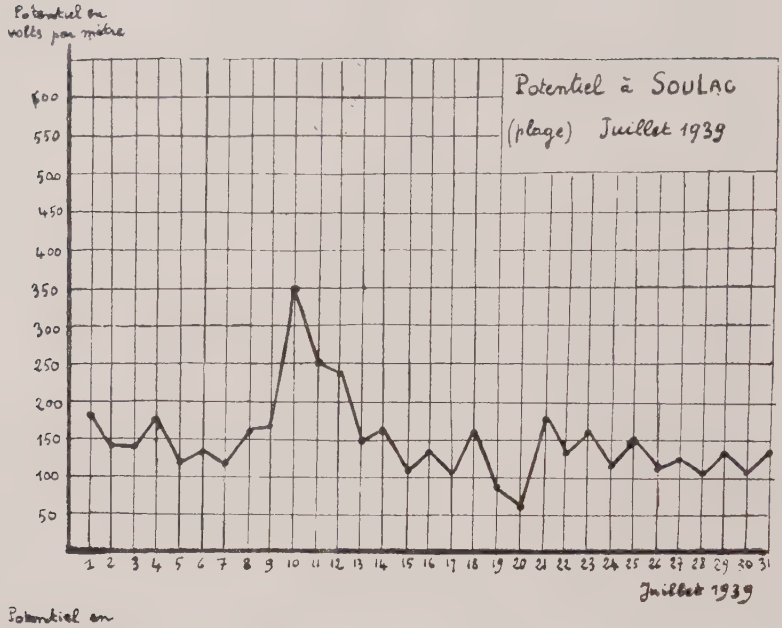
L'idée qui a présidé à sa mesure est qu'il existe, dans un endroit relativement restreint, des lieux de potentiel fort différent. Dans le but de rechercher l'existence de ces microclimats, le potentiel a été mesuré systématiquement sur la plage, devant une villa de la jetée-promenade et dans la forêt de pins à 300 mètres de la plage.

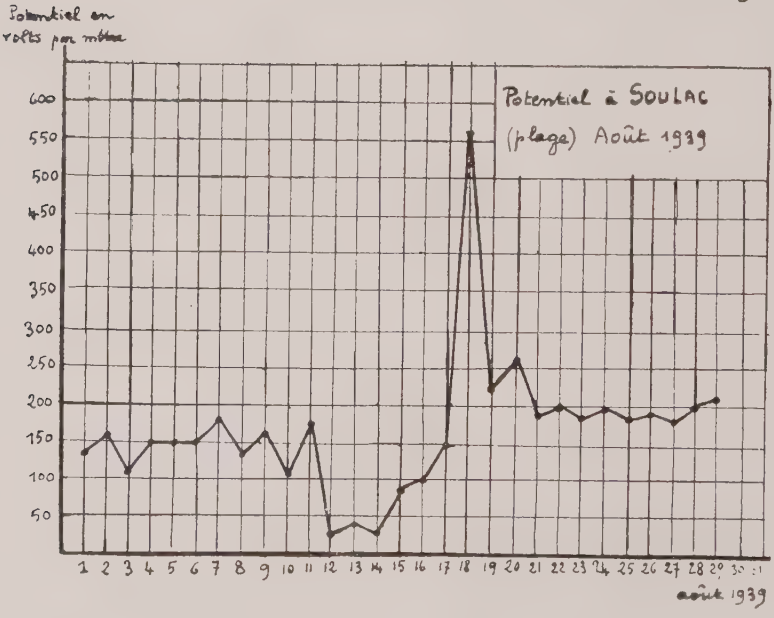
Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux suivants (les chiffres donnés représentent la moyenne de 10 déterminations pratiquées à 5 minutes d'intervalle).

Observations faites pendant 15 *jours.*
(Vacances de Pâques 1939.)

	Plage	Promenade	Forêt
	—	—	—
1er avril 1938 :			
10 h. matin	120	10	0
15 h. matin	150	20	0

2 avril :			
10 h. matin	100	5	0
15 h. soir	150	25	0
3 avril :			
10 h. matin	150	10	0
15 h. soir	150	10	0
4 avril :			
10 h. matin	200	15	5
15 h. soir	150	10	0
5 avril :			
10 h. matin	130	10	0
15 h. soir	120	10	0
6 avril :			
10 h. matin	130	10	0
15 h. soir	140	15	0
7 avril :			
10 h. matin	20	0	0
15 h. soir	30	0	0
8 avril :			
10 h. matin	130	10	0
15 h. soir	200	15	5
9 avril :			
10 h. matin	150	10	0
15 h. soit	120	10	0
10 avril :			
10 h. matin	150	15	0
15 h. soir	120	10	0
11 avril :			
15 h. matin	130	10	6
15 h. soir	100	10	0
12 avril :			
10 h. matin	200	15	0
15 h. soir	200	15	9


Potentiel en volts par mètre
Potentiel à SOULAC
(plage) Juillet 1939
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
Juillet 1939


Potentiel en volts par mètre
Potentiel à SOULAC
(plage) Août 1939
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
août 1939

13 avril :			
10 h. matin	500	150	10
15 h. soir	200	20	0
14 avril :			
10 h. matin	200	30	0
15 h. soir	150	10	0
15 avril :			
10 h. matin	160	20	0
15 h. soir	160	20	0

Il résulte de ces mesures, que le potentiel pendant ces quinze jours d'observations est resté pratiquement nul en forêt, extrêmement faible sur la promenade au voisinage des premières villas (à 10 m.) et très fort sur la plage : toujours supérieur à 100 volt par mètre avec une pointe à 500 volts le 13 avril, et un creux à 20 et 30 volts le 7 avril.

Des observations identiques furent poursuivies pendant les mois de juillet et août. Elles furent interrompues, fin août, par la mobilisation générale.

Elles montrèrent encore, d'une façon très nette, que le potentiel en forêt est nul, faible sur la promenade, élevé sur la plage.

Les deux courbes ci-contre représentent les variations du potentiel sur la plage pendant les mois de juillet et d'août.

Dans ces deux mois d'observation le potentiel à la plage est toujours supérieur à 100 volts par mètre, avec une pointe le 10 juillet à 350 volts, le 18 août à 550 volts et un creux le 20 juillet et les 12, 13 et 14 août.

B. *Mesure de l'ionisation.*

Nous avons mesuré pendant les mêmes périodes le rapport $\frac{\lambda +}{\lambda -}$ Les séances n'ont pu être faites avec la même régularité. Nous relatons ci-dessous les chiffres obtenus dans sept journées

d'observation au mois d'avril 1939. Les trois lieux d'observation furent, comme pour le potentiel, la plage, la jetée-promenade et la forêt :

	$\frac{\lambda+}{\lambda-}$ *plage*	$\frac{\lambda+}{\lambda-}$ *promenade*	$\frac{\lambda+}{\lambda-}$ *forêt*
6 avril 1939...		1	
7 avril 1939...	1	1,1	
9 avril 1939...	1,4		
9 avril 1939...	1	0,7	0,6
13 avril 1939...	1,1	1	1,3
14 avril 1939...		1	
16 avril 1939...	1,6	1,5	1

De nombreux coups de sonde effectués en juillet et en août 1939 ont donné des résultats voisins de l'unité.

Ces résultats sont d'ailleurs extrêmement variables et il est difficile de tirer de quelques mesures des conclusions générales. On peut cependant formuler les remarques suivantes :

1° Le rapport $\frac{\lambda+}{\lambda-}$ est très voisin de 1. C'est dire que l'ionisation positive, bien que généralement un peu supérieure, est sensiblement égale à l'ionisation négative.

Soulac, station très tonique, a une ionisation presque neutre, légèrement positive, ressemblant beaucoup à celle des bords du bassin, sur la plage d'Arcachon, la plage des Abatilles ou la plage du Pyla.

2° Il n'y a pas grande différence entre le rapport d'ionisation de la plage et celui de la forêt.

3° Il existe à Soulac, suivant les lieux, de grandes différences de niveau potentiel. Très élevé sur la plage, où l'action climatique est très excitante, il est nul à la forêt, où l'on observe, comme nous y insisterons plus loin, une influence sur l'organisme qui paraît très différente.

V

INTERPRÉTATIONS DES RÉSULTATS

Avant de tenter quelques remarques tirées de la comparaison des résultats précédents, passons en revue les connaissances que nous apportent les études biologiques entreprises sur le facteur électrique.

Les médecins ne se sont occupés que depuis peu du rôle que peut jouer en biologie l'ionisation et le potentiel de l'atmosphère. Aussi a-t-on vite fait le tour des publications parues sur ce sujet.

Ce sont surtout les docteurs Vlès, professeur de physique biologique à Strasbourg et Pech, professeur à Montpellier, qui ont en France étudié la question. On trouve également quelques renseignements dans les travaux de Tchizewski et d'autres auteurs étrangers.

De ces différentes recherches on peut avec beaucoup de prudence tirer les conclusions générales suivantes :

I. Le potentiel électrique en biologie.

L'électricité atmosphérique semble indispensable à la croissance de certains *végétaux*. En général la croissance est favorisée par un potentiel élevé; plus rarement quelques plantes croissent mieux en potentiel nul.

Avec les *animaux* on met en évidence de la même façon l'action du champ électrique.

Les chiens, les chats, les oiseaux colonisent et se reproduisent mieux en milieu à potentiel élevé.

Les lapins, les souris, les fourmis tirent avantage d'un milieu à potentiel nul.

Des observations faites sur les moutons, brebis et béliers, ont montré que ces animaux calmes dans un champ électrique moyen, sont excités par les champs électriques élevés et semblent fatigués et inquiets en champ électrique nul, ou quand le champ s'inverse.

Les observations sur l'*homme* sont beaucoup plus difficiles, car l'expérimentation n'est guère possible. On conçoit d'ailleurs qu'un organisme bien portant, habitué aux brusques variations de la vie moderne, ne réagisse pas d'une façon très perceptible aux variations du champ. Il en va tout autrement des individus pathologiques dont le système nerveux en perpétuel déséquilibre répond aux moindres incitations.

Il semble d'après Pech que le champ électrique élevé soit un stimulant tandis que le champ nul produirait une sensation de calme, parfois même de lassitude avec migraines et troubles digestifs chez certains malades. Pech pense avoir mis en évidence que l'électrisation élevée de l'atmosphère permet plus facilement à l'homme de se contenter d'une alimentation végétarienne.

En ce qui concerne les tuberculeux, on peut tenter une distinction suivant que l'organisme fait les frais de l'excitation ou non.

Les prétuberculeux, les tuberculeux osseux et apyrétiques se trouvent bien dans les champs électriques élevés. Les bons résultats des cures en haute mer, où le potentiel est élevé, y souscrivent. Les tuberculeux viscéraux dont les réactions sont perturbées ou abolies, ne peuvent plus tirer bénéfice de l'action d'un potentiel élevé. A eux leur convient un milieu à potentiel nul, dans lequel ils vivent plus longtemps.

Ainsi conçoit-on que des lieux à potentiel élevé, puissent donner tantôt des aggravations, tantôt des guérisons. D'ailleurs pour rendre encore les interprétations plus difficiles,

interviennent les variations simultanées des autres facteurs du climat, et le terrain sur lequel évolue la maladie.

II. L'ionisation atmosphérique en biologie.

Les expériences poursuivies à Moscou de 1922 à 1926 par Tchizewski portèrent sur l'action de l'ionisation négative. Elles mirent en évidence les faits suivants :

L'air ionisé négativement a pour résultat une augmentation de l'excitabilité nerveuse des rats ; puis au bout de quatre heures d'influence de l'air ionisé, il se produit une dépression.

Si l'air ionisé est donné par petites doses de courte durée, cette dépression ne se produit pas. On obtient un apaisement général de l'activité musculaire et une influence très heureuse, se traduisant par une vivacité générale, un bon poids et un poil soyeux que n'ont pas les animaux de contrôle.

Par cette méthode d'ionothérapie à doses fractionnées Tchizewski a retardé d'une façon très nette, pendant les trois mois que se poursuivit l'expérience, l'évolution de la tuberculose inoculée au cochon d'Inde.

Un chimpanzé tuberculeux fut définitivement guéri de cette façon. Des expériences furent alors entreprises chez des hommes tuberculeux. Après trois mois de traitement à raison de trois à quatre séances par jour, d'une demi-heure, les améliorations étaient constantes et très nettes.

Il paraît donc hors de doute que l'ionisation négative a une action heureuse, stimulante de la nutrition, mais si elle est exagérée ou si elle s'adresse à des individus qui ne peuvent pas faire les frais d'une réaction, elle devient funeste, en tendant à l'excès le système nerveux, ou en provoquant une dépression.

L'ionisation positive a, d'après Tchizeswki et Schorer une action inverse déprimante. Elle peut produire céphalées et fatigue. On peut en déduire que chez les individus à système

nerveux hypertonique, un excès d'ions positifs constitue un climat calmant.

Le cas de Cambo, où l'ionisation est fortement positive trouve-t-il là son explication ? C'est la question qui a été posée.

De quelle façon agissent sur l'organisme les particules ionisées ? Il est vraisemblable que l'énergie électrique pénètre dans le corps par la surface pulmonaire, donc grâce à la respiration. Son action s'effectue sans doute par l'intermédiaire du système nerveux autonome vago-sympathique.

Il reste à établir d'une façon certaine quelles sont les impulsions sympathicotoniques ou vagotoniques, que déterminent la quantité et la qualité de l'ionisation. Ceci étant fait, le problème deviendrait simple, puisque le test du réflexe oculo-cardiaque permet de classer les divers déséquilibres nerveux.

Dans une autre hypothèse, on fait intervenir les propriétés physico-chimiques des ions : l'ionisation positive alcaline conviendrait au sujet dont le milieu intérieur a une tendance à l'acidité et réciproquement.

Ces considérations sont du domaine de la théorie, il nous suffit de les avoir mentionnées.

Le fait certain est l'action du potentiel et de l'ionisation en biologie. En climatisme il faut aller plus loin. Les autres éléments météorologiques : température, soleil, vents etc... agissent aussi sur l'équilibre vago-sympathique. Si leur action l'emporte de loin sur celle du facteur électrique, il est illusoire de baser sur ce dernier une discrimination quelconque au sujet de la valeur thérapeutique des climats.

Si, au contraire, l'action du facteur électrique est aussi importante que toute autre, il y a lieu de lui faire désormais une place en climatisme.

Trouvera-t-on que des stations, excitantes ou sédatives, ont toutes choses égales d'ailleurs, des valeurs de potentiel et

d'ionisation toujours comparables, le rôle de ces facteurs sera alors démontré.

Les recherches dans cette voie sont à peine engagées. Que donnent à ce point de vue les trois séries de mesure, que nous venons de rapporter ?

Nous précisons de suite que nous n'avons pas l'intention de formuler de conclusion. Le peu de matériel dont nous disposons ne le permet pas. Nous nous bornons à faire quelques comparaisons.

I. A Cambo, station sédative, l'ionisation est élevée et positive. A Biarritz, station excitante, elle est faible et négative.

En présence de ces résultats et étant donné les considérations que l'on sait au sujet de ces deux stations, Constantin pose cette question :

« Peut-on trouver dans cette différence de polarité électrique, la caractéristique de la différence climatique de ces deux stations ? La réponse définitive sera donnée le jour où d'autres stations climatiques auront établi leur bilan d'ionisation ».

Or la région d'Arcachon convient parfaitement pour leur être comparée.

Située seulement à 125 km. de Biarritz, en situation côtière, elle a le même climat général et elle offre dans un rayon de 10 km. une gamme de stations dont l'action sur l'organisme est bien différente.

Le Cap Ferret, par son action hypertonique, ressemble à Biarritz. La Ville d'Hiver est sédative et convient comme Cambo aux tuberculoses évolutives graves. Entre les deux, la plage du Pilat sert de trait-d'union, plus excitante que la Ville d'Hiver, moins tonique que le Cap Ferret.

Trouvons-nous, selon l'hypothèse précédente, que l'ionisation, négative au Cap Ferret, devient positive dans la Ville d'Hiver ?

Les mesures précédentes montrent en réalité que c'est l'in-

verse qui se produit. Le rapport $\frac{\lambda+}{\lambda-}$ est égal à 2,4 au Ferret, il tend vers 1, c'est-à-dire vers la neutralité à mesure que l'on se rapproche de la Ville d'Hiver. Parallèlement, l'ionisation totale diminue.

Soulac, le Cap Ferret et Biarritz sont très comparables par leur climat et leur action sur l'organisme. Ils ne diffèrent vraiment que par leur ionisation ! A Biarritz l'ionisation est fortement négative. Elle est fortement positive au Ferret. A Soulac elle ne l'est que très faiblement, ressemblant plutôt par sa tendance à la neutralité, à celles des plages d'Arcachon et du Pyla.

On peut donc dire que l'étude qualitative de l'ionisation, faite à Arcachon et à Soulac-sur-Mer, ne vérifie pas l'hypothèse, d'après laquelle la positivité d'ionisation d'une station, toutes choses égales d'ailleurs, lui conférerait une action sédative, la négativité une action hypertonique.

Cela ne revient pas à nier le rôle climatique de l'ionisation, mais seulement à le réduire. Nous sommes amené à penser que ce qui fait la différence entre Cambo et Biarritz est autre chose que l'ionisation, mais il reste vraisemblable — d'après ce que nous savons des expériences de Tchizewski en particulier — que la nette prédominance d'ions positifs à Cambo renforce le caractère sédatif de cette station.

Il serait intéressant de faire à Cambo l'épreuve suivante, dont nous ne nous dissimulons pas la difficulté : créer autour du malade soumis à sa cure climatique une atmosphère, qu'artificiellement on aurait ramenée à la neutralité ou même à une légère négativité, et observer s'il existe une différence dans l'amélioration du malade. Cette épreuve paraît constituer le vrai test qui trancherait notre incertitude.

II. Si nous nous trouvons devant de nombreuses difficultés pour interpréter les mesures d'ionisation, par contre, les mesures du potentiel faites par les professeurs Wanger-

mez et Pech à Soulac et à Arcachon paraissent confirmer l'hypothèse qu'a émise l'expérimentation :

Toutes conditions climatiques égales par ailleurs, un lieu est d'autant plus excitant que son potentiel est plus élevé.

A Arcachon, le potentiel est élevé sur le bassin, plus faible sur la plage, nul en forêt. On touche peut-être là une des raisons de la différence thérapeutique de ces trois lieux si rapprochés.

Les médecins d'Arcachon connaissent de nombreux exemples de tuberculeux vivant bien dans la Ville d'Hiver et qui font des hémoptysies à la suite de promenades en bateau sur le bassin.

Nous connaissons le cas, signalé par le professeur Carles de Bordeaux, d'un tuberculeux chronique, fibreux, habitant Bordeaux, qui est pris de crachements de sang chaque fois qu'il va sur le bord du bassin. La raison n'en est-elle pas la différence de potentiel — nul à Bordeaux, élevé sur la plage — à laquelle il soumet son organisme ?

A Soulac, mêmes constatations. Le potentiel est très élevé sur la plage, nul en forêt. Or les médecins de cette station savent bien qu'il n'est pas indifférent aux organismes fragiles de vivre sur la plage ou dans la forêt, même si sur la plage on reste à l'ombre et on ne se baigne pas — remarque qui a son importance puisqu'elle élimine l'action d'autres facteurs. Des individus atteints de certaines affections chroniques, telles l'angine de poitrine, se trouvent bien dans la ville, mais font des accidents, s'ils s'exposent au climat de la plage. Inversement certaines cures, chez des ganglionnaires, des sujets atones, ne peuvent être réalisées avec succès que par des séjours progressifs et assez prolongés sur la plage.

Le potentiel n'a pas été mesuré à Cambo et Biarritz. Il y a lieu de penser, en se souvenant des arbres magnifiques qui ombragent Cambo, que là le potentiel est plus faible qu'à Biarritz.

III. On sait depuis longtemps que les grandes lignes climatiques d'une région constituent un schéma trop grossier qui ne rend pas compte de l'influence différente que peuvent exercer deux lieux très voisins sur un être vivant. Pour ne citer qu'un exemple, nous rappellerons le cas classique d'un village situé au fond d'une vallée et décimé par la tuberculose, le cancer et la dénatalité, sans qu'on puisse invoquer le manque de soleil ou quelque raison évidente. Il a suffi de le transporter au sommet d'un mamelon voisin pour que disparaisse son caractère morbide.

On a donc été amené, en climatopathologie surtout, à considérer l'existence de micro-climats dont le bilan météorologique restait parfois mystérieux.

On invoquait, pour les expliquer, la grande variabilité de certains facteurs tels que :

Les vents, dont l'action sur l'organisme est mécanique, comparable à celle d'une douche sur la peau. Un simple rideau d'arbres suffit à la supprimer.

L'insolation : un endroit ombragé prive l'organisme de rayons infra-rouges et ultra-violets.

L'hygrométrie de l'air dont la valeur est différente selon que l'on se trouve en espace découvert ou en forêt.

La présence en suspension dans l'air, dans certains lieux, de *particules chimiques* (air salin, contenant du chlorure de sodium et de l'iode, odeur résineuse des forêts de pins, etc...).

Aujourd'hui, à la lumière des recherches faites sur l'électricité atmosphérique, il faut ajouter à cette liste deux nouveaux facteurs :

L'ionisation atmosphérique dont l'action est encore confuse, mais certaine, puisque les expériences faites en laboratoire sont décisives.

Le champ électrique, surtout, au sujet duquel on peut actuellement tenir pour exacts les deux points suivants :

Un lieu à champ électrique nul ne convient pas à la vie d'un organisme humain sain. Les épidémies, les maladies chroni-

ques y exercent aisément leur ravage (Pech). C'est peut-être parce que le village dont nous rapportons l'histoire était au fond de la vallée à un niveau de potentiel nul, que son état sanitaire était si déplorable.

Par contre un lieu à champ électrique nul est utile aux individus surexcités, qui ont besoin d'être mis quelque temps au repos.

Ainsi se trouve précisée, grâce au facteur électrique, l'existence de ces micro-climats.

D'un point de vue pratique, leur connaissance est pour le médecin praticien d'une importance considérable. Leur méconnaissance entraîne l'imprécision et finalement la confusion dans les possibilités curatrices d'un climat. La définition thérapeutique d'une station, même aussi petite que Soulac-sur-Mer, avec ses deux zones de plage et de forêt, n'est pas susceptible d'une simple équation. Voilà des faits de détail qui doivent être bien connus, pour obtenir le résultat qu'attendent avec une même impatience le malade et son médecin.

Nous avons dans ce travail, essayé de préciser quelques notions d'électricité atmosphérique. Nous avons surtout apporté de nouveaux matériaux, qui permettront de dresser un jour la carte complète du Climat Electrique en France. Alors seulement nous nous ferons une opinion définitive sur le rôle qu'il faut attribuer au facteur électrique en climatisme.

CONCLUSIONS

I. Les progrès de la Physique ont permis, depuis une trentaine d'années, de mettre en évidence et de mesurer un nouveau facteur climatologique, l'Electricité Atmosphérique.

Les causes qui la produisent et la font varier nous sont approximativement connues.

L'électricité atmosphérique se compose en réalité de deux éléments, indépendants dans une certaine mesure l'un de l'autre :

a) *Le Champ Electrique atmosphérique*, dont la mesure se ramène à celle de la différence de potentiel entre le sol et un point situé au-dessus du sol, grâce à un appareil appelé collecteur, relié à un électroscope.

b) *L'Ionisation Atmosphérique*, qui confère à l'air une propriété spéciale, la conductibilité, dont la mesure nous renseigne indirectement sur l'ionisation.

On distingue la conductibilité due aux ions positifs, celle due aux ions négatifs et la conductibilité totale. Ainsi sont précisées la quantité de l'ionisation (faible ou forte) et sa qualité (positive, négative ou neutre).

II. Les mesures d'Electricité Atmosphérique, pratiquées par le professeur Wangermez et nous-mêmes à Soulac-sur-mer, définissent le climat électrique de cette station :

L'ionisation est faiblement positive sur la plage et dans la forêt ;

Le niveau potentiel est élevé sur la plage, faible sur la jetée-promenade et nul en forêt.

III. Nous avons comparé ces résultats avec ceux effectués par d'autres auteurs à Biarritz, Cambo et Arcachon, et fait les remarques suivantes :

a) Il ne semble pas, contrairement à une hypothèse précédemment émise, que la nature de l'ionisation puisse servir à définir le type sédatif ou excitant d'une station.

Si, comme c'est vraisemblable, l'Ionisation joue un rôle en climatisme, ce n'est que loin derrière d'autres facteurs de climats plus importants.

b) Dans le cadre des stations que nous avons passé en revue, nous trouvons constamment que le champ électrique est élevé dans les lieux à action excitante, et faible ou nul dans les lieux à action sédative.

Cette constatation faite dans le domaine du climatisme est en accord avec les données expérimentales.

Il convient sans doute d'accorder au facteur électrique une place importante parmi les causes qui déterminent les propriétés thérapeutiques d'un lieu.

SERMENT

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères, et s'ils devaient apprendre la médecine ou recourir à mes soins, je les instruirai et les soignerai sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes si je le viole et que je me parjure, puissè-je avoir un sort contraire.

Vu :
Le Doyen,
Pierre MAURIAC

Vu, bon à imprimer :
Le Président de thèse,
WANGERMEZ

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 27 novembre 1940.
Le Recteur de l'Académie,
G. BOUSSAGOL.

BIBLIOGRAPHIE

Arloing, **Thévenot** et **Viallier**. — « Potentiel atmosphérique. Influence sur la pousse des microbes », *Société de Biologie de Lyon*, 19 décembre 1938.

Auriac. — « Quelques résultats de mesure d'Ionisation atmosphérique », *Gazette des Sciences Médicales de Bordeaux*, 30 octobre 1938.

— « L'Ionisation de l'atmosphère à l'émergence des eaux thermales d'Ax-les-Thermes », *Journal Médical de Bordeaux*, juillet 1939.

Biancani. — « Electricité atmosphérique », *Paris Médical*, avril 1933.

Constantin. — Recherche sur l'Ionisation atmosphérique », *Bulletin de la Société de Radiologie médicale de France*, juin 1937.

— « Etude climatique de l'Ionisation atmosphérique à Biarritz », Congrès International du Thermalisme et du Climatisme, octobre 1937.

Cuvier. — « Les facteurs météorologiques du climat marin d'Arcachon », VIII[e] Congrès de l'Association Internationale de Thalassothérapie.

— « Notes sur le facteur électrique en climatologie », *Journal de Médecine de Bordeaux*, avril 1939.

Dauzère. — « Influence de la constitution géologique du sol sur l'Ionisation de l'air », *Gazette des Sciences Médicales de Bordeaux*, 30 octobre 1938.

Luton, **Renard** et **Chaize**. — « Ionisation atmosphérique », *Centre Médical F.*, 1936.

Mathias. — *Traité d'électricité atmosphérique et tellurique.*

Mercier et **Joyet**. — « Contribution à l'étude de l'action biologique de l'air ionisé », *Archives de Physique biologique*, XIII, sept.-décembre 1936.

Pech. — « Champ électrique », *Le Mouvement Sanitaire*, octobre 1932.

— « Champ électrique de l'atmosphère et alimentation », Ier Congrès International d'électo-radio-biologie, 1934.

Piery. — *Traité de Climatologie biologique et médicale*.

Tchizewski. — « Electricité atmosphérique et Ionisation », *Presse thermale et climatique*, 1er décembre 1936.

Bordeaux. — Impr. Bière, 18, rue du Peugue. — 1940.